

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-43698  
(P2002-43698A)

(43) 公開日 平成14年2月8日 (2002.2.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 S 5/50	6 3 0	H 0 1 S 5/50	6 3 0 2 K 0 0 2
G 0 2 F 1/37		G 0 2 F 1/37	5 F 0 7 3
H 0 1 S 5/022		H 0 1 S 5/022	
5/062		5/062	
5/125		5/125	
審査請求 未請求 請求項の数36 O L (全 23 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-219021 (P2000-219021)

(22) 出願日 平成12年7月19日 (2000.7.19)

(31) 優先権主張番号 特願平11-364276

(32) 優先日 平成11年12月22日 (1999.12.22)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2000-143262 (P2000-143262)

(32) 優先日 平成12年5月16日 (2000.5.16)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006507

横河電機株式会社

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 平田 隆昭

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河  
電機株式会社内

(72) 発明者 飯尾 晋司

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河  
電機株式会社内

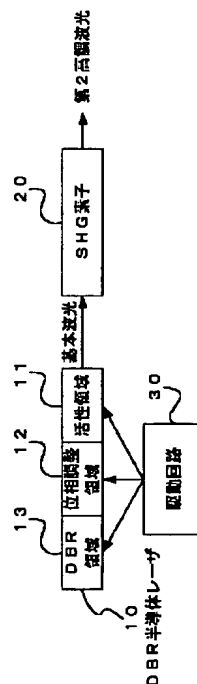
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 SHGレーザ光源及びSHGレーザ光源の変調方法

(57) 【要約】

【課題】 外部変調器を設けずに、単純な構造で光出力を変調できるSHGレーザ光源及びSHGレーザ光源の変調方法を実現することを目的にする。

【解決手段】 本発明は、基本波光を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波光を入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光を出力するSHG素子と、半導体レーザに与える複数の電流または電圧を同時に変調し、半導体レーザが出力する基本波光を変調する駆動回路とを有することを特徴とするものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基本波光を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波光を入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光を出力するSHG素子と、前記半導体レーザに与える複数の電流または電圧を同時に変調し、半導体レーザが出力する基本波光を変調する駆動回路とを有することを特徴とするSHGレーザ光源。

【請求項2】 半導体レーザは、駆動回路からの電流または電圧により、基本波光を発生する活性領域と、駆動回路からの電流または電圧により、半導体レーザ内の基本波光の位相を調整し、波長を変化させる位相調整領域と、駆動回路からの電流または電圧により、回折格子の反射特性を調整し、基本波光の波長を変化させるDBR領域とを設け、前記活性領域と前記位相調整領域とに与える電流または電圧の増減関係を逆にすることを特徴とする請求項1記載のSHGレーザ光源。

【請求項3】 半導体レーザに与える複数の電流または電圧を変調し、総電力をほぼ一定にすることを特徴とする請求項1または2記載のSHGレーザ光源。

【請求項4】 活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、

$$I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 = P$$

$I_1$  : 活性領域への注入電流量

$V_1$  : 活性領域の動作電圧

$I_2$  : 位相調整領域への注入電流量

$V_2$  : 位相調整領域の動作電圧

$P$  : 半導体レーザ出力

がほぼ一定になるように、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記位相調整領域への注入電流量を制御し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項5】 活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、

この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子と、

前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域から前記DBR領域へ伝達する熱量と、前記位相領域から前記DBR領域へ伝達する熱量の和がほぼ一定になるように、前記位相調整領域への注入電流量を制御する駆動回路とを設け、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源。

【請求項6】 活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、

この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子と、

前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域への注入電流を変調するときに生じる波長変化(位相変化)量を前記位相調整領域への注入電流量により補償し、前記半導体レーザの波長を前記SHG素子の位相整合波長許容幅内に固定する駆動回路とを設け、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源。

【請求項7】 活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、

前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域から前記DBR領域へ伝達する熱量と、前記位相調整領域から前記DBR領域へ伝達する熱量の和がほぼ一定になるように前記位相調整領域への注入電流量を制御し、第2高調波光を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項8】 活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、

前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域への注入電流を変調するときに生じる波長変化(位相変化)量を前記位相調整領域への注入電流量により補償し、前記半導体レーザの波長を前記SHG素子の位相整合波長許容幅内に固定し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項9】 基本波光を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波光を入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光を出力するSHG素子と、前記半導体レーザが出力する基本波光をパルス変調する駆動回路とを有し、前記半導体レーザに与える電流または電圧のパルス幅、または、パルス数、または、パルス幅及びパルス数の両方を変えることにより、第2高調波光を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源。

【請求項10】 駆動回路は、複数の電流または電圧を同時にパルス変調し、半導体レーザが出力する基本波光を変調することを特徴とする請求項9記載のSHGレーザ光源。

【請求項11】 半導体レーザは、駆動回路からの電流または電圧により、基本波光を発生する活性領域と、駆動回路からの電流または電圧により、半導体レーザ内

の基本波長の位相を調整し、波長を変化させる位相調整領域と、

駆動回路からの電流または電圧により、回折格子の反射特性を調整し、基本波長の波長を変化させるDBR領域とを設け、駆動回路が活性領域の電流または電圧をパルス変調し、基本波長をパルス変調することを特徴とする請求項9記載のSHGレーザ光源。

【請求項12】 駆動回路は、活性領域と位相調整領域とに与える電流または電圧の増減関係を逆にして、パルス変調を行うことを特徴とする請求項11記載のSHGレーザ光源。

【請求項13】 半導体レーザに与える複数の電流または電圧を変調し、総電力量をほぼ一定にすることを特徴とする請求項10または12記載のSHGレーザ光源。

【請求項14】 基本波長を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波長を入力し、基本波長を波長変換し、第2高調波長を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記半導体レーザが出力する基本波長をパルス変調し、前記半導体レーザに与える電流または電圧のパルス幅、または、パルス数、または、パルス幅及びパルス数の両方を変えることにより、第2高調波長を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項15】 複数の電流または電圧を同時にパルス変調し、半導体レーザが出力する基本波長を変調することを特徴とする請求項14記載のSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項16】 半導体レーザは、電流または電圧により、基本波長を発生する活性領域と、電流または電圧により、半導体レーザ内の基本波長の位相を調整し、波長を変化させる位相調整領域と、電流または電圧により、回折格子の反射特性を調整し、基本波長の波長を変化させるDBR領域とを設け、活性領域の電流または電圧をパルス変調し、基本波長をパルス変調することを特徴とする請求項14記載のSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項17】 活性領域と位相調整領域とに与える電流または電圧の増減関係を逆にして、パルス変調を行うことを特徴とする請求項16記載のSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項18】 半導体レーザに与える複数の電流または電圧を変調し、総電力量をほぼ一定にすることを特徴とする請求項15または17記載のSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項19】 活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波長を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源において、

前記半導体レーザに熱量を与えるヒーター部と、

前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域から前記DBR領域へ伝達する熱量と、前記ヒーター部から前記DBR領域へ伝達する熱量の和がほぼ一定になるように、前記ヒーター部への注入電流量を制御する駆動回路とを設け、第2高調波長を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源。

【請求項20】 活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波長を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源において、

前記半導体レーザに熱量を与えるヒーター部と、

前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記半導体レーザの波長変化(位相変化)量を、前記ヒーター部への注入電流量により補償し、前記半導体レーザの波長を前記SHG素子の位相整合波長許容幅内に固定する駆動回路とを設け、第2高調波長を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源。

【請求項21】 活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波長を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、

前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域から前記DBR領域へ伝達する熱量と、ヒーター部から前記DBR領域へ伝達する熱量の和がほぼ一定になるように、前記ヒーター部への注入電流量を制御し、前記第2高調波長を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項22】 活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波長を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、

前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記半導体レーザの光の波長変化(位相変化)量を、前記半導体レーザに熱量を与えるヒーター部への注入電流量により補償し、前記半導体レーザの波長を前記SHG素子の位相整合波長許容幅内に固定し、前記第2高調波長を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項23】 基本波長を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波長を入力し、基本波長を波長変換し、第2高調波長を出力するSHG素子と、このSHG素子に熱量を与えるヒーター部と、前記半導体レーザの基本波長を変調すると共に、前記ヒーター部への注入電流を変調する駆動回路とを有し、前記第2高調波長を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源。

【請求項24】 活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域とを少なくとも有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記SHG素子に熱量を与えるヒーター部への注入電流を変調し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項25】 基本波光を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波光を光導波路に入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光を出力するSHG素子と、このSHG素子の光導波路に電界を与える電極と、前記半導体レーザの基本波光を変調すると共に、前記電極の電圧を変調する駆動回路とを有し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源。

【請求項26】 活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域とを少なくとも有する半導体レーザと、この半導体レーザの光を光導波路に入力し、波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記SHG素子の光導波路に与える電界を変調し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項27】 活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源において、前記活性領域に与える駆動電流を一定にし、前記DBR領域に与えるDBR駆動電流と前記位相調整領域に与える位相制御電流とを、所望の一定の変化電流比で変化させて、第2高調波光を光強度変調する駆動回路を有することを特徴とするSHGレーザ光源。

【請求項28】 DBR駆動電流と位相制御電流とを、第2高調波光の最大光出力パワー近傍の出力パワーが大きく変化する変化点の間で変化させ、第2高調波光を光強度変調する駆動回路を有することを特徴とする請求項27記載のSHGレーザ光源。

【請求項29】 出力パワーが、大きく変化するプラス側変化点とマイナス側変化点の中心で、DBR駆動電流と位相制御電流とを変化させ、第2高調波光を光強度変調する駆動回路を有することを特徴とする請求項28記載のSHGレーザ光源。

【請求項30】 活性領域と、分布ブラック反射器（DBR）が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換

を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記活性領域に与える駆動電流を一定にし、前記DBR領域に与えるDBR駆動電流と前記位相調整領域に与える位相制御電流とを、所望の一定の変化電流比で変化させて、第2高調波光を光強度変調することを特徴とするSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項31】 DBR駆動電流と位相制御電流とを、第2高調波光の最大光出力パワー近傍の出力パワーが大きく変化する変化点の間で変化させ、第2高調波光を光強度変調する駆動回路を有することを特徴とする請求項30記載のSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項32】 出力パワーが、大きく変化するプラス側変化点とマイナス側変化点の中心で、DBR駆動電流と位相制御電流とを変化させ、第2高調波光を光強度変調する駆動回路を有することを特徴とする請求項31記載のSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項33】 光ディスク基板上に形成された記録層に情報を記録する光情報記録再生装置に用いたことを特徴とする請求項1～3、5、6、9～13、19、20、23、25、27～29記載のSHGレーザ光源。

【請求項34】 光ディスク基板上に形成された記録層に情報を記録することを特徴とする光情報記録再生装置に用いたことを特徴とする請求項4、7、8、14～18、21、22、24、26、30～32記載のSHGレーザ光源の変調方法。

【請求項35】 レーザプリンタに用いたことを特徴とする請求項1～3、5、6、9～13、19、20、23、25、27～29記載のSHGレーザ光源。

【請求項36】 レーザプリンタに用いたことを特徴とする請求項4、7、8、14～18、21、22、24、26、30～32記載のSHGレーザ光源の変調方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、単純な構成で光出力を変調できるSHG（second harmonic generation）レーザ光源及びSHGレーザ光源の変調方法に関するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】 近年、光ディスクの記録容量の増大に伴い、ディスク上の面記録密度が上昇し、ディスク上の集光スポットサイズが小さくなっている。このため、ディスクの記録や読み出しに用いる光源の光も短波長が要求されている。このような短波長光を発生させる光源として、SHG（second harmonic generation）レーザ光源がある。SHGレーザ光源は、例えば、特開平11-26861号公報等に記載されているように、基本波光を非線形光学結晶に入射し第2高調波光を発生し、短波長コヒーレント光を得るものである。このような装置を図

31に示し説明する。

【0003】図において、分布反射型（DBR；distributed bragg reflection）半導体レーザ1は、基本波光を発生する。SHG素子2は、基本波光を入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光を出力する。外部変調器3は、SHG素子2から第2高調波光を入力し、変調を行い、変調波光を出力する。駆動回路4は、DBR半導体レーザ1を駆動する。

【0004】このような装置の動作を以下に説明する。駆動回路4は、DBR半導体レーザ1を駆動し、DBR半導体レーザ1が基本波光を出力する。この基本波光を、SHG素子2が入力し、波長変換し、第2高調波光を出力する。この第2高調波光を、外部変調器3が変調（減衰）を行い、光のパワー調整を行う。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】特開平11-26861号公報に示されるように、SHG素子2は図32に示すような第2高調波出力パワーと入力波長の関係がある。この図に示すように、特定の波長からずれると、出力パワーが急速に下がることがわかる。このため、出力パワーは、基本波光の波長に大きく依存している。

【0006】また、DBR半導体レーザ1は、駆動電流を変化させて基本波光の出力を変え、基本波光の波長も変化してしまう。

【0007】従って、例えば、SHGレーザ光源の出力を上げるため、DBR半導体レーザ1の駆動電流を上げ、基本波光の出力を増加させても、基本波光の波長がずれ、逆にSHGレーザ光源の出力が下がることも起こる。

【0008】すなわち、SHGレーザ光源の出力する光のパワーを変調するためには、SHG素子2が出力する第2高調波光の出力パワーを一定にし、外部変調器3で変化させなければならなかった。このため、外部変調器3を設けなければならなかった。この外部変調器3は、SHG素子2と結合するために、光学系を必要とし、小型化が要求される光ディスクのピックアップに使用するには、弊害になってしまう。

【0009】そこで、本発明の目的は、外部変調器を設けずに、単純な構造で光出力を変調できるSHGレーザ光源及びSHGレーザ光源の変調方法を実現することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】第1の本発明は、基本波光を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波光を入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光を出力するSHG素子と、前記半導体レーザに与える複数の電流または電圧を同時に変調し、半導体レーザが出力する基本波光を変調する駆動回路とを有することを特徴とするものである。

【0011】第2の本発明は、活性領域と、分布ブラッ

グ反射器（DBR）が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、

$$I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 = P$$

$I_1$ ：活性領域への注入電流量

$V_1$ ：活性領域の動作電圧

$I_2$ ：位相調整領域への注入電流量

$V_2$ ：位相調整領域の動作電圧

$P$ ：半導体レーザ出力

がほぼ一定になるように、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記位相調整領域への注入電流量を制御し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0012】第3の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子と、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域から前記DBR領域へ伝達する熱量と、前記位相領域から前記DBR領域へ伝達する熱量の和がほぼ一定になるように、前記位相調整領域への注入電流量を制御する駆動回路とを設け、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0013】第4の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子と、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域への注入電流を変調するとき生じる波長変化（位相変化）量を前記位相調整領域への注入電流量により補償し、前記半導体レーザの波長を前記SHG素子の位相整合波長許容幅内に固定する駆動回路とを設け、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0014】第5の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域から前記DBR領域へ伝達する熱量と、前記位相調整領域から前記DBR領域へ伝達する熱量の和がほぼ一定になるように前記位相調整領域への注入電流量を制御し、第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0015】第6の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素

子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域への注入電流を変調するとき生じる波長変化（位相変化）量を前記位相調整領域への注入電流量により補償し、前記半導体レーザの波長を前記SHG素子の位相整合波長許容幅内に固定し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0016】第7の本発明は、基本波光を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波光を入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光を出力するSHG素子と、前記半導体レーザが出力する基本波光をパルス変調する駆動回路とを有し、前記半導体レーザに与える電流または電圧のパルス幅、または、パルス数、または、パルス幅及びパルス数の両方を変えることにより、第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0017】第8の本発明は、基本波光を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波光を入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記半導体レーザが出力する基本波光をパルス変調し、前記半導体レーザに与える電流または電圧のパルス幅、または、パルス数、または、パルス幅及びパルス数の両方を変えることにより、第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0018】第9の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源において、前記半導体レーザに熱量を与えるヒーター部と、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域から前記DBR領域へ伝達する熱量と、前記ヒーター部から前記DBR領域へ伝達する熱量の和がほぼ一定になるように、前記ヒーター部への注入電流量を制御する駆動回路とを設け、第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0019】第10の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源において、前記半導体レーザに熱量を与えるヒーター部と、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記半導体レーザの波長変化（位相変化）量を、前記ヒーター部への注入電流量により補償し、前記半導体レーザの波長を前記SHG素子の位相整合波長許容幅内に固定する駆動回路とを設け、第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0020】第11の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域とを有す

る半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記活性領域から前記DBR領域へ伝達する熱量と、ヒーター部から前記DBR領域へ伝達する熱量の和が一定になるように、前記ヒーター部への注入電流量を制御し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0021】第12の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記半導体レーザの光の波長変化（位相変化）量を、前記半導体レーザに熱量を与えるヒーター部への注入電流量により補償し、前記半導体レーザの波長を前記SHG素子の位相整合波長許容幅内に固定し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0022】第13の本発明は、基本波光を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波光を入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光を出力するSHG素子と、このSHG素子に熱量を与えるヒーター部と、前記半導体レーザの基本波光を変調すると共に、前記ヒーター部への注入電流を変調する駆動回路とを有し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0023】第14の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域とを少なくとも有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記活性領域への注入電流を変調すると共に、前記SHG素子に熱量を与えるヒーター部への注入電流を変調し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0024】第15の本発明は、基本波光を出力する半導体レーザと、この半導体レーザからの基本波光を光導波路に入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光を出力するSHG素子と、このSHG素子の光導波路に電界を与える電極と、前記半導体レーザの基本波光を変調すると共に、前記電極の電圧を変調する駆動回路とを有し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0025】第16の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器（DBR）が形成されたDBR領域とを少なくとも有する半導体レーザと、この半導体レーザの光を光導波路に入力し、波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記活性領域への注入電流を変調すると共

に、前記SHG素子の光導波路に与える電界を変調し、前記第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0026】第17の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源において、前記活性領域に与える駆動電流を一定にし、前記DBR領域に与えるDBR駆動電流と前記位相調整領域に与える位相制御電流とを、所望の一定の変化電流比で変化させて、第2高調波光を光強度変調する駆動回路を有することを特徴とするものである。

【0027】第18の本発明は、活性領域と、分布ブラッグ反射器(DBR)が形成されたDBR領域と、位相調整領域とを有する半導体レーザと、この半導体レーザの光の波長変換を行い、第2高調波光を出力するSHG素子とを備えるSHGレーザ光源の変調方法において、前記活性領域に与える駆動電流を一定にし、前記DBR領域に与えるDBR駆動電流と前記位相調整領域に与える位相制御電流とを、所望の一定の変化電流比で変化させて、第2高調波光を光強度変調することを特徴とするものである。

【0028】

【発明の実施の形態】以下図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。

【0029】(実施例1)図1は本発明の第1の実施例を示した構成図である。図において、DBR半導体レーザ10は、活性領域11、位相調整領域12、回折格子(分布ブラッグ反射器(DBR))が形成されたDBR領域13が設けられ、この各領域に電極が取り付けられ、この電極に注入される電流により、基本波光を出力する。

【0030】活性領域11は、電流が注入されることにより、基本波光を発生する。位相調整領域12は、pn接合に垂直に電流を流したり、あるいは、薄膜ヒータに電流を流すことにより、領域の温度が制御され、この温度変化により、導波路の屈折率を変化させ、DBR半導体レーザ10内の基本波光の位相を調整し、発振波長を変化させる。DBR領域13は、位相調整領域12を介して、活性領域11から基本波光が入力され、pn接合に垂直に電流を流したり、あるいは、薄膜ヒータに電流を流すことにより、領域の温度が制御され、この温度変化により、導波路の屈折率を変化させ、回折格子の反射特性を調整し、発振波長を変化させる。このようなDBR半導体レーザ10は例えば特開平2-65189号公報、特開平11-112072号公報等に記載されている。

【0031】さらに、DBR半導体レーザ10の具体的な構成を図2に示し説明する。ここでは、AlGaAs系の波長

850nmのDBR半導体レーザ10について説明する。

【0032】n-GaAs基板14上にMOCVD装置を用いたエピタキシャル成長により、n-AlGaAsクラッド層15を成長させ、AlGaAsの活性層16を形成する。そして、クラッド層18としてp-AlGaAsを積層する。次に、フォトリソグラフィ技術により、リブ構造の光導波路17を形成する。

【0033】次に、光導波路17上にEB描画により1次の回折格子(周期約100nm)を形成する。回折格子が形成されたDBR領域13と、位相調整領域12に、シリコンが注入され、パッシブな光導波路17を形成する。

【0034】第2の結晶成長が行われ、クラッド層18としてp-AlGaAsを積層する。最後に、n側およびp側には、電流注入するための電極19n、19pが形成され、p側の電極19pは、活性領域11、位相調整領域12、DBR領域13が電氣的に絶縁されるように電極を形成する。

【0035】このような3電極タイプのAlGaAs系波長可変DBR半導体レーザ10は、駆動電圧2.1V、活性領域11への動作電流150mAで、出力50mWが得られる。また、DBR領域13へ電流を注入することにより、100mAで1.5nm波長可変することができる。さらに、位相調整領域12およびDBR領域13へ同時に一定の比率で電流注入することにより、連続的な波長可変を行うことができる。

【0036】SHG素子20は、DBR半導体レーザ10からの基本波光を入力し、基本波光を波長変換し、第2高調波光(青色光)を出力する。SHG素子20の具体的な構成を図3に示し説明する。

【0037】SHG素子20は、Mg:LiNbO<sub>3</sub>基板21上に、Taの楕円電極を形成し、電界を印加することにより、周期的な分極反転領域22を形成する。例えば、周期を3.2μmとし、波長850nmに対して位相整合するように設計する。

【0038】次に、Ta膜を蒸着し、フォトリソエッチングプロセスにより、光導波路23を形成するための幅5μmのストライプを形成する。ピロリン酸(200℃、7分)中でプロトン交換を行い、アニール処理(330℃、200分)により、光導波路23を形成する。その後、ウエットエッチングによりTa膜を除去する。さらに、SiO<sub>2</sub>の保護膜24を形成し、SHG素子20が作製される。

【0039】次に、DBR半導体レーザ10とSHG素子20との具体的な接続構成を図4に示し説明する。

【0040】DBR半導体レーザ10から出射された光が、2つのレンズ40を用いてSHG素子20の入射端面に集光され、光導波路内に結合される。レーザ出力50mWに対して30mWの光が光導波路内に結合され、

DBR領域13への注入電流を調整し、レーザ波長をSHG素子20の位相整合波長に一致させることにより4mWの青色光が射出端面より得られる。

【0041】駆動回路30は、DBR半導体レーザ10を駆動し、基本波光を出力させ、DBR半導体レーザ10の活性領域11、位相調整領域12に与える電流を同時に変調し、DBR半導体レーザ10が出力する基本波光を変調する。

【0042】このような装置の動作を以下で説明する。まず、DBR半導体レーザ10の動作について説明する。

【0043】活性領域11に電流を与えると、例えば図5に示すような特性になる。図5において、横軸は電流(mA)、縦軸は出力パワー(mW)、波長(nm)である。なお、位相調整領域12、DBR領域13の電流は一定である。図5に示されるように、電流を増加させると、光出力が増大するだけでなく、発振波長も長波長側に周期的に変化する。

【0044】位相調整領域12、DBR領域13に電流を与えると、例えば図6に示すような特性になる。図6において、aは位相調整領域12に電流を流した場合の特性、bはDBR領域13に電流を流した場合の特性、横軸は電流(mA)、縦軸は波長(nm)である。なお、活性領域11に与える電流は一定で、位相調整領域12またはDBR領域13の一方の電流を変化させているとき、他方は固定である。図6に示されるように、位相調整領域12の電流を増加させると、光出力をほぼ一定に保ったまま、発振波長のみが長波長側に周期的に変化する。また、DBR領域13の電流を増加させると、光出力をほぼ一定に保ったまま、発振波長のみが長波長側に変化する。

【0045】上記のDBR半導体レーザ10の特性に基づいて、全体動作を以下に説明する。駆動回路30は、活性領域11に電流を与え、基本波光の出力を得る。次に駆動回路30は、位相調整領域12、DBR領域13に与える電流を制御し、基本波光の波長をSHG素子20の変換効率が大きくなる波長に合わせる。このような基本波光を、SHG素子20はDBR半導体レーザ10から入力し、基本波光の半分の波長の光(第2高調波光)を出力する。

【0046】次に、光出力を変化させる。まず、駆動回

$$I1 \times V1 - P$$

ここで、I1は活性領域11への注入電流量(mA)、V1は活性領域11の動作電圧(V)、Pはレーザ出力(mW)である。この熱量を、位相調整領域12で補償することにより半導体レーザチップ温度を一定に保持できる。

【0053】つまり、活性領域11の電流値が低いと

$$I1 \times V1 + I2 \times V2 - P = \text{一定}$$

ここで、I2は位相調整領域12への注入電流量(m

路30が、活性領域11の電流を増加させ、光出力を増加させる。このとき、上記で説明したように、波長も周期的に変化してしまう。そこで、駆動回路30は、活性領域11と同様に波長が周期的に変化する位相領域12の電流を減少させる。この減少量は、活性領域11の増加量と概ね同一にする。つまり、駆動回路30がDBR半導体レーザ10に与える総電力量をほぼ同一にする。これにより、波長を変化させずに、光出力を変化させることができる。

【0047】光出力を減少させる場合は、上記と逆に、駆動回路30が、活性領域11の電流を減少させ、光出力を減少させる。同時に、駆動回路30は、位相調整領域12の電流を増加させ、基本波光の波長変化を抑える。

【0048】このように、駆動回路30は、活性領域11に与える電流を変化させると同時に、位相調整領域12に与える電流を変化させ、基本波光の出力パワーを変化させると同時に、波長変化を抑えることができる。

【0049】つまり、図32に示したSHG素子特性の大きな波長依存性の影響が抑えられ、基本波光の出力を上げれば、SHGレーザ光源の出力が増加する単調な特性になり、DBR半導体レーザ10の電流による第2高調波光の直接変調が可能となる。

【0050】これにより、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0051】さらに、熱的關係から見た動作について説明する。始めに、DBR半導体レーザ10の波長シフトについて説明する。活性領域11に電流注入を行うと、光変換されないエネルギーが熱に変換され、半導体レーザ10のチップの温度が上昇する。そのため、活性領域11、位相調整領域12、DBR領域13もそれぞれ温度上昇する。この結果、活性領域11や位相調整領域12の温度上昇は、活性層16の屈折率を変化させ、実効的共振器長を変化させるため、光の位相状態が変化し、発振波長が変化する。そのため、活性領域11へ注入する電流を矩形波形で変調すると、図7に示すように、第2高調波光(青色光)は矩形波形から大きく崩れた波形となる。

【0052】活性領域11で発生する熱量は、以下の式で示される。

$$(式1)$$

きに、位相調整領域12の電流値を高くする。反対に、活性領域11の電流値が高いときに、位相調整領域12の電流値を低くする。すなわち、式2に示すような関係で、変調することにより、発振波長を一定に保持することができる。

$$(式2)$$

A)、V2は位相調整領域12の動作電圧(V)であ



る。

【0054】図8は動作を説明する図で、a)は活性領域11への注入電流、b)は位相調整領域12の注入電流、c)は基本波光であるDBR半導体レーザ10の出力、d)はDBR半導体レーザ10の発振波長、e)は波長変換により得られる青色光の出力を示す。DBR半導体レーザ10の発振しきい値は、40mAである。活

$$\begin{aligned} \text{連続} \quad I_1 \times V_1 - P &= 95 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} - 25 \text{ mW} \\ &= 175 \text{ mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ハイ} \quad I_1 \times V_1 - P &= 150 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} - 50 \text{ mW} \\ &= 265 \text{ mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ロウ} \quad I_1 \times V_1 - P &= 40 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} - 0 \text{ mW} \\ &= 84 \text{ mW} \end{aligned}$$

【0056】このとき、発生する熱量の差は、連続時に対してハイレベルでは90mW、ロウレベルでは91mWである。

【0057】一方、駆動回路30が位相調整領域12への注入する電流は、活性領域11で発生する熱量を補償するように設定される。はじめ57mAで連続的に注入

$$\text{連続} \quad I_2 \times V_2 = 57 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} = 120 \text{ mW}$$

$$\text{ハイ} \quad I_2 \times V_2 = 15 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} = 31.5 \text{ mW}$$

$$\text{ロウ} \quad I_2 \times V_2 = 100 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} = 210 \text{ mW}$$

【0059】この結果、DBR半導体レーザ10の熱量は以下になる。

$$\text{連続} \quad I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 - P = 295 \text{ mW}$$

$$\text{ハイ} \quad I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 - P = 296.5 \text{ mW}$$

$$\text{ロウ} \quad I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 - P = 294 \text{ mW}$$

【0060】従って、活性領域11と位相調整領域12で、発生する熱量の合計は、変調時においてもほぼ同じとなる。図8d)に示すように、基本波光の発振波長は連続時および変調時において、一定に保持することが可能になる。また、青色光出力特性においても、図8e)に示すように、ピーク出力4mWの安定な矩形波が得られ、安定な変調波形が得られる。

【0061】以上のように、 $I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 - P$ がほぼ一定の関係を保持するように、活性領域11と位相調整領域12への注入電流を駆動回路30により制御することにより、DBR半導体レーザ10の基本波光の発振波長を一定に保持して変調することが可能となるため、SHG素子20により波長変換された青色光の変調においても、安定な強度変調を実現できる。

【0062】(実施例2) DBR半導体レーザ10のチップの活性層16が上になるように実装されている場合(ジャンクションアップ実装)には、GaAs基板14の厚みが100~200μm程度あるため、活性領域11や位相調整領域12で発生した熱は、DBR領域13へ伝達する。図9に示すように活性層16がサブマウント100上に接するように実装されている場合(ジャンクションダウン実装)には、活性領域11で発生した熱は、サブマウント100側へ放熱される割合が多くなる。そ

性領域11は、駆動回路30により、はじめ95mA(25mW)で連続的に注入が行われ、その後変調動作に移行する。変調時には、ハイレベルを150mA(50mW)、ロウレベルを40mA(0mW)に設定する。従って、各段階で発生する熱量は以下になる。

【0055】

を行い、その後変調動作に移行する。変調時には、活性領域11への変調電流がハイレベルの時には15mA、ロウレベルの時には100mAに設定する。従って、各段階で発生する熱量は以下になる。

【0058】

のため、活性領域11からの影響よりも、位相調整領域12からDBR領域13へ伝達する熱の影響の方が大きくなる。よって、 $I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 - P$ がほぼ一定の関係を保持するように、活性領域11と位相調整領域12への注入電流を制御しても、実装条件によりDBR領域13の温度が変化し、安定な変調波形が得られない。

【0063】また、上述の各領域での発熱量の合計を一定にする場合では、活性領域11は、はじめ95mA(25mW)で連続的に注入を行い、その後変調動作を行っているが、矩形波の周波数が20MHzと熱の伝達速度に比較し高速に変調している。このため、DBR領域13へ伝達する熱量変化は小さく、DBR領域13の温度変化による波長シフト量も小さい。

【0064】しかし、変調の周期が大きく、周波数の低い領域においては、DBR領域13への伝達する熱量の変化が大きく、DBR領域13の温度変化による波長シフト量が大きくなる。以下、詳細に説明する。図10において、パルス幅1msのパルス出力で、a)は活性領域11への注入電流、b)は位相調整領域12への注入電流、c)は青色光の出力特性を示す。

【0065】活性領域11は、はじめ95mA(25mW)で連続的に注入を行い、その後1msのパルスが発生させる。そして、パルス出力時には、150mA(50mW)を注入する。従って、各段階で発生する熱量は以下になる。

【0066】

$$\begin{aligned} \text{連続 } I_1 \times V_1 - P &= 95 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} - 25 \text{ mW} = 175 \text{ mW} \\ \text{ハイ } I_1 \times V_1 - P &= 150 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} - 50 \text{ mW} \\ &= 265 \text{ mW} \end{aligned}$$

【0067】このとき、発生する熱量の差は、連続時に対して90mWである。一方、位相調整領域12への注入する電流は、活性領域11で発生する熱量を補償するように設定される。はじめ57mAで連続的に注入を行

$$\begin{aligned} \text{連続 } I_2 \times V_2 &= 57 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} = 120 \text{ mW} \\ \text{ハイ } I_2 \times V_2 &= 15 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} = 31.5 \text{ mW} \end{aligned}$$

【0069】この結果、DBR半導体レーザ10の熱量は以下になる。

$$\begin{aligned} \text{連続 } I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 - P &= 295 \text{ mW} \\ \text{ハイ } I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 - P &= 296.5 \text{ mW} \end{aligned}$$

【0070】活性領域11と位相調整領域12で、発生する熱量の合計は、変調時においてもほぼ同じとなる。

【0071】図10c)に示すように、DBR領域13への注入電流を一定にしていると、基本波長の発振波長がシフトし、青色光出力が変化する。これは、はじめ活性層16内では熱的に補償されているが、1msの長いパルスではDBR領域13への熱伝達量が変化し、回折格子の屈折率が変化し、結果として発振波長がシフトしてしまう。

【0072】そこで、図1に示す装置の駆動回路30は、活性領域11からDBR領域13へ伝達する熱量と、位相調整領域12からDBR領域13へ伝達する熱量の和とがほぼ一定になるように、位相調整領域12への注入電流量の制御を行う構成にする。

【0073】このような装置の動作を、図11を用いて説明する。図11において、a)は活性領域11への注入電流、b)は位相調整領域12への注入電流、c)は青色光の出力特性である。

【0074】駆動回路30は、図11a)に示すように、活性領域11へパルス幅1msのパルスを出力する。同時に、駆動回路30は、図11b)のように位相調整領域12への注入電流を時間経過と共に、減少させるように変化させて、発振波長を一定に保持する。この結果、図11c)に示すように、SHG素子20からピーク出力4mWの安定な矩形波の青色光が出力される。

【0075】このように、駆動回路30が、活性領域11からDBR領域13へ伝達する熱量と、位相調整領域12からDBR領域13へ伝達する熱量の和とがほぼ一定になるように位相調整領域12への注入電流量を制御することにより、基本波長の出力パワーを変化させると同時に、基本波長の波長変化を抑えることができる。つまり、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0076】(実施例3)また、他の実施例を以下に説明する。ここで、まず、SHG素子20の特性を図12に示し説明する。図12において、横軸はSHG素子20への基本波長の入力パワー、縦軸は第2高調波光の出

い、その後パルス出力動作に移行する。パルス出力時には、活性領域11への変調電流を15mAに設定する。従って、各段階で発生する熱量は以下になる。

【0068】

カパワーである。図12に示すように、第2高調波光の出力パワーは、基本波長の入力パワーの二乗に比例する。従って、基本波長の出力パワーを変化させて、第2高調波光から所望の出力パワーを得るためには、二乗特性を考慮しなければならない。また、SHG素子20ごとに特性が異なるため、事前に特性を測定し、測定した特性により、基本波長の出力パワーを変化させなければならない。このため、外部変調器を設け、出力パワーを変調する必要があった。

【0077】そこで、図1において、駆動回路30は、所望の第2高調波光の出力パワーに応じ、活性領域11にパルス変調(パルス幅変調、または、パルス数変調)の電流を与える構成にする。

【0078】次に、このような装置の全体動作について説明する。図13は駆動回路30が活性領域11に与える電流の出力波形例を示した図である。図13において、(a)はデューティー100%、(b)はデューティー50%、(c)はデューティー10%である。

【0079】駆動回路30は、活性領域11に図13(a)に示すようなデューティー100%の電流を与え、基本波長の出力を得る。次に駆動回路30は、位相調整領域12、DBR領域13に与える電流を制御し、基本波長の波長をSHG素子20の変換効率が大きくなる波長に合わせる。このような基本波長をSHG素子20は入力し、基本波長の半分の波長の光(第2高調波光)を出力する。このときの第2高調波光の出力パワーを100%とする。

【0080】そして、第2高調波光の50%の出力パワーを得るには、駆動回路30が、活性領域11に与える電流を、最高電流値を変えないで、図13(b)に示すように、デューティー50%でパルス幅変調して与える。

【0081】同様に、第2高調波光の10%の出力パワーを得るには、駆動回路30が、活性領域11に与える電流を、最高電流値を変えないで、図13(c)に示すように、デューティー10%でパルス幅変調して与える。

【0082】ここで、駆動回路30によるデューティー比の制御は、パルス幅変調の場合を示したが、パルス幅は一定で単位時間当たりのパルス数を変更するパルス数変調でもよい。また、パルス幅変調とパルス数変調の組

み合わせでパルス変調を行う構成でもよい。

【0083】このように、DBR半導体レーザ10の電流または電圧の直接のパルス変調で、第2高調波光の出力を簡単に制御できるので、SHG素子20の二乗特性を考慮することなく、第2高調波光の出力パワーをパルス変調のデューティー比で線形に制御することができる。このため、外部変調器を設ける必要がなく、光出力を変調できるSHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0084】そして、駆動回路30が活性領域11に与える電流のパルス変調時に、DBR半導体レーザ10の基本波光の波長変化を除くために、駆動回路30が位相調整領域12に与える電流も同時にパルス変調する構成にしてもよい。なお、このときの位相調整領域12に与える電流の増減は、上述のように、活性領域11に与える電流の増減に対して逆であることはいうまでもない。

【0085】なお、上記において、駆動回路30がDBR半導体レーザ10を電流で制御する例を示したが、DBR半導体レーザ10の電気特性は通常のダイオードなので、電流を変えれば電圧も変わる。従って、駆動回路30は、DBR半導体レーザ10を電圧制御するとも言える。

【0086】（実施例4）次に、2電極のDBR半導体レーザを用いたSHGレーザ光源について説明する。図14は本発明の第4の実施例を示した構成図である。ここで、図1と同一のものは同一符号を付し説明を省略する。

【0087】図において、DBR半導体レーザ50は、活性領域51、回折格子が形成されたDBR領域52が設けられ、この各領域に電極が取り付けられ、この電極に注入される電流により、基本波光を出力する。活性領域51は、電流が注入されることにより、基本波光を発生する。DBR領域52は、活性領域51から基本波光が入力され、pn接合に垂直に電流を流したり、あるいは、薄膜ヒータに電流を流すことにより、領域の温度が制御され、この温度変化により、導波路の屈折率を変化させ、回折格子の反射特性を調整し、発振波長を変化させる。

【0088】DBR半導体レーザ50の具体的構成を図15に示し説明する。AlGaAs系の波長850nmのDBR半導体レーザについて説明する。

【0089】図2に示した3電極タイプのAlGaAs系のDBR半導体レーザと同様の方法により作製する。n-GaAs基板上にMOCVD装置を用いたエピタキシャル成長により、n-AlGaAsを成長させた後、AlGaAsの活性層を形成する。クラッド層としてp-AlGaAsを積層する。次に、フォトリソグラフィ技術により、リブ構造の光導波路53を形成する。

【0090】次に、光導波路53上にEB描画により1次の回折格子（周期約100nm）を形成する。3電極

タイプのAlGaAs系波長可変DBR半導体レーザとは異なり、回折格子が形成されたDBR領域52のみに、シリコンが注入され、パッシブな光導波路53を形成する。

【0091】第2の結晶成長が行われ、クラッド層としてp-AlGaAsを積層する。最後に、n側およびp側には、電流注入するための電極が形成され、p側の電極54、55は、活性領域51およびDBR領域52が電氣的に絶縁されるように電極を形成する。

【0092】このような2電極タイプのAlGaAs系波長可変DBR半導体レーザ50は、駆動電圧2.1V、活性領域51への動作電流150mAで、出力50mWが得られる。また、DBR領域52へ電流を注入することにより、100mAで1.5nm波長可変することができる。位相調整領域がないため、波長可変特性は、ファブリペローモードの間隔（約0.1nm）でモードホップを繰り返しながら波長可変する。

【0093】3電極タイプのAlGaAs系波長可変DBR半導体レーザと同様に、活性領域51に電流注入を行うと、光に変換されない分が熱に変換され、半導体レーザ50のチップの温度が上昇し、活性領域51とDBR領域52もそれぞれ温度上昇する。活性領域51の温度上昇は、光の位相状態に変化を与え、特にDBR領域52の温度が変化すると、DBR領域52中の回折格子の屈折率が大きくなり、発振波長が長波長側にシフトする。

【0094】ヒーター部60は、白金で形成され、DBR半導体レーザ50（活性領域51、DBR領域52）に熱量を与える。

【0095】次に、DBR半導体レーザ50、ヒーター部60、SHG素子20から構成される青色光源の具体的な接続構成を図16に示し説明する。

【0096】Siサブマウント100上には白金ヒーター部60が形成され、さらにその上には絶縁層61が形成されている。絶縁層61上には、DBR半導体レーザ50へ電流注入するための電極と半田62が形成されている。そして、DBR半導体レーザ50が、半田62が形成された上に、ジャンクションアップで実装される。

【0097】そして、図4で用いられた結合レンズ40を必要としないで、直接結合型SHGレーザ光源を構成する。DBR半導体レーザ50の出射端面とSHG素子20の入射端面は、3μmの距離に設定され、半導体レーザ50から出射された光はレンズを介さず光導波路内に結合される。レーザ出力50mWに対して25mWの光が光導波路内に結合され、DBR領域52への注入電流を調整し、レーザ波長をSHG素子20の位相整合波長に一致させることにより3mWの青色光が出射端面より得られる。

【0098】駆動回路70は、DBR半導体レーザ50を駆動し、基本波光を出力させ、DBR半導体レーザ50の活性領域51、ヒーター部60に与える電流を同時に変調し、DBR半導体レーザ50が出力する基本波光

を変調する。

【0099】このような装置の変調動作について説明す

$$I_1 \times V_1 - P$$

ここで、 $I_1$ は活性領域51への注入電流量(mA)、 $V_1$ は活性領域51の動作電圧(V)、 $P$ はレーザ出力(mW)である。この熱量を、サブマウント100上の白金ヒーター部60で補償することによりDBR半導体レーザ50のチップ温度を一定に保持できる。

【0100】活性領域51の電流値が低いときに、白金

$$I_1 \times V_1 + Q - P = \text{一定}$$

【0101】図17は動作を説明する図で、a)は活性領域51への注入電流、b)はDBR半導体レーザ50の基本波光の出力、c)は白金ヒーター部60への注入電流、d)はDBR半導体レーザ50の基本波光の発振波長、e)は青色光の出力を示す。

【0102】DBR半導体レーザ50の発振しきい値は、40mAである。図17a)に示すように、活性領域51は、駆動回路70により、はじめ150mA(5

$$\text{連続、ハイ } I_1 \times V_1 - P = 150(\text{mA}) \times 2.1(\text{V}) - 50\text{mW} \\ = 265\text{mW}$$

$$\text{ロウ } I_1 \times V_1 - P = 40(\text{mA}) \times 2.1(\text{V}) - 0\text{mW} = 84\text{mW}$$

【0104】従って、発生する熱量の差は、181mWとなる。この熱量差を補償するように、図17c)に示すように、駆動回路70は、白金ヒーター部60への注入電流量を制御する。つまり、白金ヒーター部60の抵抗値を30Ωとし、80mAの電流注入を行うと、192mWの熱量を発することができる。はじめ駆動回路70は、ヒーター部60へ電流を注入せず、その後変調動作に移行する。変調時には、活性領域51への変調電流がハイレベルの時には0mA、ロウレベルの時には80mAに設定する。変調時においても、活性領域51および白金ヒーター部60で発生する熱量の合計は、変調時においてもほぼ同じとなる。

【0105】駆動回路70は、はじめDBR領域52への注入電流を制御し、基本波光の発振波長をSHG素子20の位相整合波長に設定する。変調時において、DBR領域52への注入電流を可変しなくても、上記の動作により、図17d)に示すように、波長を一定に保持することが可能となり、青色出力の変調波形は、図17e)に示すように、安定な矩形波が得られる。

【0106】以上のように、 $I_1 \times V_1 + Q - P$ がほぼ一定の関係を保持するように、活性領域51とヒーター部60への注入電流を制御することにより、基本波光であるDBR半導体レーザ50の発振波長を一定に保持して変調することが可能となり、青色光源において安定な変調が実現できる。つまり、外部変調器を設ける必要がなく、光出力を変調できるSHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0107】なお、ヒーター部60は、活性領域51、DBR領域52の両方に伝熱する構成を示したが、どち

る。活性領域51で発生する熱は、以下の式で示される。

(式3)

ヒーター部60の電流値を高くする。反対に、活性領域51の電流値が高いときに、白金ヒーター部60の電流値を低くする。白金ヒーター部60で発生する熱量を $Q$ とすると、下記式4に示すような関係で変調することにより、発振波長を一定に保持することができる。

(式4)

0mW)で連続的に注入を行い、その後変調動作に移行する。変調時には、ハイレベルを150mA(50mW)、ロウレベルを40mA(0mW)に設定する。基本波光であるDBR半導体レーザ50の出力は、図17b)のようになり、各段階で発生する熱量は以下のようになる。

【0103】

らか一方、つまり、活性領域51のみ、DBR領域52のみに熱量を与える構成にしても同様の効果が得られる。

【0108】(実施例5)図18は第5の実施例を示した構成図である。ここで、図14と同一のものは同一符号を付し説明を省略する。

【0109】図18において、ヒーター部25は、SHG素子20に熱量を与える。駆動回路80は、DBR半導体レーザ50を駆動し、基本波光を変調させると共に、ヒーター部25に与える電流を変調する。

【0110】このような装置の動作を以下に説明する。まず、SHG素子20の特性について説明する。

【0111】例えば、特開平5-53163号公報に示されるように、SHG素子20は温度依存性があり、図19に示すような特性になる。図19において、横軸は位相整合波長、縦軸はSHG素子20の温度である。つまり、温度により、SHG素子20の第2高調波光出力がピークになる基本波光の波長が変化する。

【0112】はじめに、駆動回路80は、DBR半導体レーザ50の活性領域51に電流を注入し発光させ、基本波光の出力を得る。次に駆動回路80は、DBR領域52の電流を制御し、基本波光の波長をSHG素子20の変換効率が最大になるように、波長を合わせる。これにより、SHG素子20は、第2高調波光を出力する。

【0113】次に光出力の変調動作を説明する。駆動回路80が、活性領域51に注入する電流を変化させると、図5に示すように、基本波光の波長が変化する。そこで、駆動回路80は、基本波光の波長変化に合わせて、ヒーター部25に与える電流を変化させ、図19に

示す変換効率が最大になる波長が、基本波光の波長に一致するように、SHG素子20の温度を変化させる。つまり、駆動回路80は、活性領域51の注入電流の変化による発振波長の変化に追従するように、SHG素子20のヒーター部25の電流を変調する。

【0114】具体的には、駆動回路80が、活性領域51の電流を増加（減少）させ、発振波長が長波長（短波長）にシフトした場合、駆動回路80は、ヒーター部25の電流を増加（減少）させ、SHG素子20の温度を上昇（下降）させて、変換効率のピーク波長を長波長（短波長）にシフトする。これにより、基本波光の出力変化により、第2高調波光の出力を変化させることができる。

【0115】このように、駆動回路80は、活性領域51に与える電流を変化させると同時に、ヒーター部25の温度を変化させて、基本波光の出力パワーを変化させると同時に、SHG素子20の位相整合波長を変化させることにより、第2高調波光を変調することができる。つまり、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0116】なお、本実施例のヒーター部25をSHG素子20と別に構成した例を示したが、SHG素子20内の光導波路上に薄膜ヒーターとして形成する構成でもよい。

【0117】また、2電極のDBR半導体レーザ50による構成でなく、3電極のDBR半導体レーザを用いる構成でもよい。

【0118】（実施例6）図20は第6の実施例を示した構成図である。ここで、図14と同一のものは同一符号を付し説明を省略する。

【0119】図20において、電極26は、SHG素子20の光導波路に電界を与える。電極26の具体的構成を、図21に示し説明する。図21は光導波路に垂直な面で切った断面図である。ここで、図3と同一のものは同一符号を付し説明を省略する。

【0120】電極26は、Alで形成される電極26a～26cから構成される。電極26aは、SiO<sub>2</sub>で形成される保護膜24を介して、光導波路23上に沿って形成され、駆動回路90から正電圧を入力する。電極26b、26cは、保護膜24上に、電極26aを挟んで形成し、接地する。

【0121】駆動回路90は、DBR半導体レーザ50を駆動し、基本波光を変調させると共に、電極26（電極26a）に与える電圧を変調する。

【0122】このような装置の動作を以下に説明する。まず、SHG素子20の動作について説明する。

【0123】疑似位相整合により高調波光が発生する波長（疑似位相整合波長）は、非線形光学結晶（光導波路）の屈折率と分極反転領域22の周期による決まる。非線形光学結晶は、非線形光学効果だけでなく、電気光

学効果も大きく、電界により、屈折率を変えることができる。つまり、電極26に印可する電圧を変化させることで、屈折率が変化する。例えば、特開平6-273814号公報に示されるように、図22のような特性図となる。

【0124】図21に示される構成では、光導波路23に電界をかけることにより、分極反転領域22は屈折率が低下し、その反対に非分極反転領域（光導波路23の分極反転領域22以外の部分）は屈折率が増加する。そのため、屈折率変化は打ち消し合う。しかし、光導波路23を伝搬する基本波光は、非分極反転領域を多く通るため平均として屈折率が変化し、全体として位相整合条件からはずれるため、変調された電圧（電界）により疑似位相整合波長を変調できる。

【0125】そこで、駆動回路90は、DBR半導体レーザ50の活性領域51に電流を注入し発光させ、基本波光の出力を得る。次に駆動回路90は、DBR領域52の電流を制御し、基本波光の波長をSHG素子20の変換効率が最大になるように、波長を合わせる。これにより、SHG素子20は、第2高調波光を出力する。

【0126】次に光出力の変調動作を説明する。駆動回路90が、活性領域51に注入する電流を変化させると、図5に示すように、基本波光の波長が変化する。そこで、駆動回路90は、基本波光の波長変化に合わせて、電極26に与える電圧を変化させ、図22に示す変換効率が最大になる波長が、基本波光の波長に一致するように、SHG素子20の光導波路23に与える電界を変化させる。つまり、駆動回路90は、活性領域51の注入電流の変化による発振波長の変化に追従するように、SHG素子20の電極26の電圧を変調する。

【0127】具体的には、駆動回路90が、活性領域51の電流を増加（減少）させ、発振波長が長波長（短波長）にシフトした場合、駆動回路90は、電極26の電圧を増加（減少）させ、SHG素子20の電界を上昇（下降）させて、変換効率のピーク波長を長波長（短波長）にシフトする。これにより、基本波光の出力変化により、第2高調波光の出力を変化させることができる。

【0128】このように、駆動回路90は、活性領域51に与える電流を変化させると同時に、電極26の電圧、つまり、光導波路23の電界を変化させて、基本波光の出力パワーを変化させると同時に、SHG素子20のピーク波長を変化させることにより、第2高調波光を変調することができる。つまり、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0129】なお、電極26は、図23に示すように構成してもよい。すなわち、電極26は、Alで形成される電極26d、26eから構成される。電極26d、26eは、分極反転層22の周期と一致する楕円電極として形成され、それぞれ分極反転領域22、非分極反転領域

上に、保護膜 24 を介して形成される。そして、電極 26d が駆動回路 90 からの正電圧を入力し、電極 26e が接地される。

【0130】この場合、電極 26d に電圧を印可すると、分極反転領域 22 および非分極反転領域の屈折率変化はどちらも増加となるため、疑似位相整合波長が大きく変化する。

【0131】（実施例 7）図 24 は第 7 の実施例を示した構成図である。ここで、図 1 と同一のものは同一符号を付し説明を省略する。

【0132】図 24 において、駆動回路 31 は、活性領域 11 に与える駆動電流を一定にし、DBR 領域 13 に与える DBR 駆動電流と位相調整領域 12 に与える位相制御電流とを、所望の一定の変化電流比で変化させて、第 2 高調波光を光強度変調する。

【0133】このような装置の動作を以下に説明する。まず、DBR 駆動電流と位相制御電流の関係による青色光出力パワーについて説明する。図 25、26 は DBR 駆動電流、位相制御電流、青色光出力パワーとの関係を示す図で、図 26 は図 25 の拡大図である。ここで、DBR 駆動電流は、 $0 \times 0000 \sim 0 \times 0FFF$  ( $0 \sim$  約  $120 \text{mA}$ )、位相制御電流は、 $0 \times 0000 \sim 0 \times 0FFF$  ( $0 \sim$  約  $60 \text{mA}$ ) とする。なお、 $0 \times$  は 16 進数を示す記号で、図 25、26 の目盛りは 10 進数である。

【0134】図 25 から明らかなように、青色光が出力されるのはある一定範囲内に限られていることがわかる。つまり、図 25 においては、DBR 駆動電流が  $0 \times 0 \sim 0 \times 300$  の範囲でのみ青色光が出力される。

【0135】次に、図 25 の中で、四角で囲まれた青色光出力パワーが強く出力される個所を拡大した図 26 を用いて説明する。図 26 に示すように、青色光出力パワーは、DBR 駆動電流に対して、b-c 間の幅を持った山のような分布になっている。また、位相制御電流を固定し、DBR 駆動電流を変化させた図を図 27 に示す。図 27 から明らかなように、直線 b、c は、大きく青色光の出力パワーが変化している変化点を直線で示したものである。

【0136】従って、図 26 から明らかなように、直線 a に沿って、直線 a の最大光出力パワーから、電流を変化させれば、青色光出力パワーを変調することができる。また、図 26 では、直線 a が最大光出力パワーの領域を通過しているが、DBR 半導体レーザ 10、SHG 素子 20 の組み合わせによっては、最大光出力パワーが得られる点が、直線 b、c の近傍に現れる場合もある。この場合、最大光出力パワーにこだわると、第 2 高調波光の光出力が不安定になってしまうので、直線 b、c のほぼ中央で、強度変調されることが望ましい。

【0137】このことを利用し、駆動回路 31 は、DBR 半導体レーザ 10 に直線 a 上の最大光出力パワーとな

る駆動電流、DBR 駆動電流、位相制御電流を与える。そして、駆動回路 31 は、駆動電流を一定のまま、図 26 に示す直線 a の傾きの変化電流比で、DBR 駆動電流、位相制御電流を変化させる。この結果、SHG 素子 20 が出力する第 2 高調波光の出力パワーが減少し、光強度変調が行われる。

【0138】このように、駆動回路 31 が、活性領域 11 に与える駆動電流を一定にし、DBR 駆動電流と位相制御電流とを、所望の一定の変化電流比で変化させることにより、第 2 高調波光を変調することができる。つまり、外部変調器を設ける必要がなく、SHG レーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0139】（実施例 8）次に、本実施例を適用した光情報記録再生装置について説明する。図 28 は、図 1 に示される青色光源が搭載された光情報記録再生装置の構成図である。図において、(a) は上面図、(b) が側面図である。

【0140】光情報記録再生装置は、青色光源 (SHG 光源) 200、コリメートレンズ 201、整形プリズム 202、基本波光のみをカットするフィルタ 203、偏向ビームスプリッタ 204、ミラー 205、 $\lambda/4$  板 206、対物レンズ 207、フロントモニタ 208、検出レンズ 209、シリンダリカルレンズ 210、フォトダイオード 211 から構成される。青色光源 200 は、DBR 半導体レーザ 10、SHG 素子 20、レンズ 40 から構成されている。また、図示しないアクチュエータが対物レンズ 207 と光ディスク 212 との距離を一定に保つ。

【0141】光ディスク 212 は、記録可能な相変化型光ディスクである。この光ディスク 212 は、ポリカーボネート基板上に  $\text{ZnS-SiO}_2$  が蒸着され、さらに記録層である  $\text{GeSbFe}$  が積層され、記録層を再び  $\text{ZnS-SiO}_2$  で挟み、最後に反射膜として Al が積層されている。

【0142】次に動作について説明する。青色光源 200 の光導波路から出射された青色光は、コリメートレンズ 201 により平行光になる。平行光になった青色光は整形プリズム 202 を通過し、フィルタ 203 で基本波光のみカットされる。そして、青色光は、ビームスプリッタ 204 で分岐され、進行方向が  $90^\circ$  度変わった青色光はフロントモニタ 208 に入力し、フロントモニタ 208 で青色光の強度が検出される。偏光ビームスプリッタ 204 を通過した青色光は、ミラー 205 で反射され、 $\lambda/4$  板 206 を透過し、青色光は円偏光に変換される。対物レンズ 207 により、青色光は光ディスク 212 上に集光される。本実施例で用いられる対物レンズ 207 の開口数 (NA) は 0.6 である。

【0143】光ディスク 212 からの反射青色光は、 $\lambda/4$  板 206 で元の光と偏光が  $90^\circ$  度回転され、ミラー 205 を介した反射青色光は、偏光ビームスプリッタ 204 で進行方向が  $90^\circ$  度変わる。検出レンズ 209 とシ

リンドリカルレンズ 210 を透過した青色光は、フォトダイオード 211 に導かれる。フォトダイオード 211 は 4 分割になっていて、RF 信号、フォーカス信号、トラッキング信号を検出する。本実施例では、フォーカサーボは非点収差法で、トラッキンサーボはプッシュプル法で行われる。

【0144】本実施例における光ディスク上への記録方法について図 29 を用いて説明する。相変化型光ディスク 212 は、結晶状態とアモルファス状態の光学定数の差を利用して情報を記録する媒体である。初期化された記録媒体は結晶状態にある。10mW 程度の青色光を照射すると結晶温度が融点を越え、そして、レーザ照射が止まり、急冷するとアモルファス状態になる。このようにして記録媒体上にアモルファス状態のマークが得られる。再び 5mW 程度の青色光を記録媒体に照射すると、アモルファス状態から結晶状態に変化し、スポットが消

$$\begin{aligned} \text{連続} \quad I_1 \times V_1 - P &= 190 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} - 70 \text{ mW} \\ &= 329 \text{ mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ハイ} \quad I_1 \times V_1 - P &= 250 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} - 100 \text{ mW} \\ &= 425 \text{ mW} \end{aligned}$$

$$\text{ロウ} \quad I_1 \times V_1 - P = 40 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} - 0 \text{ mW} = 84 \text{ mW}$$

【0148】このとき、発生する熱量の差は、連続時に對してハイレベルでは 96mW、ロウレベルでは 245mW となる。

【0149】一方、駆動回路 30 が、位相調整領域 12 への注入する電流は、活性領域 11 で発生する熱量を補償するように設定される。はじめ 83mA で連続的に注

$$\text{連続} \quad I_2 \times V_2 = 83 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} = 174.3 \text{ mW}$$

$$\text{ハイ} \quad I_2 \times V_2 = 38 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} = 79.8 \text{ mW}$$

$$\text{ロウ} \quad I_2 \times V_2 = 200 \text{ (mA)} \times 2.1 \text{ (V)} = 420 \text{ mW}$$

【0151】この結果、合計の熱量は以下のようになる。

$$\text{連続} \quad I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 - P = 503.3 \text{ mW}$$

$$\text{ハイ} \quad I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 - P = 504.8 \text{ mW}$$

$$\text{ロウ} \quad I_1 \times V_1 + I_2 \times V_2 - P = 504 \text{ mW}$$

【0152】活性領域 11 と位相調整領域 12 で、発生する熱量の合計は、連続時と変調時においてもほぼ同じとなる。この結果、基本波光の発振波長は連続時および変調時において、一定に保持することが可能となる。結果として、青色光出力特性においても、図 29 c) に示すように、連続時 8mW、ピーク出力 16mW の安定な矩形波が得られ、パルス幅やパルス周期を変えても、安定な変調波形が得られる。

【0153】本実施例では、整形プリズム 202 を用いて光ピックアップの光利用効率を 60% 程度に調整している。よって、対物レンズ 207 により光ディスク 212 上に集光される青色光出力は、連続時で約 5mW、ピーク出力で 10mW が得られた。これにより、相変化光ディスク 212 上へのマーク形成およびマーク消去が実現される。

去される。

【0145】図 29 a) に、基本波光である 3 電極タイプの波長可変 DBR 半導体レーザ 10 の活性領域 11 への注入電流、b) に位相調整領域 12 への注入電流を示す。本実施例では、青色光出力を 10mW 得るために、活性領域 11 への注入電流はハイレベルで 250mA に設定する。

【0146】DBR 半導体レーザ 10 の発振しきい値は、40mA である。活性領域 11 は、駆動回路 30 により、はじめ 190mA (70mW) で連続的に注入を行い、その後変調動作に移行する。変調時には、ハイレベルを 250mA (100mW)、ロウレベルを 40mA (0mW) に設定する。各段階の発熱量は以下のようになる。

【0147】

入を行い、その後変調動作に移行する。変調時には、活性領域 11 への変調電流がハイレベルの時には 38mA、ロウレベルの時には 200mA に設定する。従って、各段階の発熱量は以下のようになる。

【0150】

【0154】本実施例では、パルス幅やパルス周期を変えても、安定な変調波形が得られるので、直径 12cm の光ディスク 212 上に、12GB 程度の高密度記録を実現できる。また、外部変調器を必要としないので、光情報記録再生装置を小型にすることができる。

【0155】なお、実施例 2~7 で説明した青色光源を用いても、パルス幅やパルス周期を変えても、安定な変調波形が得られるので、同様に高密度のマーク記録が実現できる。また、外部変調器を必要としないので、光情報記録再生装置を小型にすることができる。

【0156】(実施例 9) 本実施例を適用したレーザプリンタについて説明する。図 30 は図 14 に示す青色光源が搭載されたレーザプリンタの概略構成図である。

【0157】レーザプリンタは、青色光源 300、コリメートレンズ 301、整形プリズム、シリンダリカルレンズ、フィルタ、ミラー 302、ポリゴンミラー 303、ミラー 304、感光ドラム 305 等から構成される。ここで、整形プリズム、シリンダリカルレンズ、フィルタは図が複雑になるので省略しているが、コリメートレンズ 301 からミラー 302 の間に配置される。

【0158】次に動作について説明する。青色光源300から出射された青色光は、コリメータレンズ301により平行光になる。平行光になった青色光は整形プリズムを通過し、フィルタで基本光のみカットされる。そして、青色光はミラー302で反射され、ポリゴンミラー303へ導かれる。ポリゴンミラー303は回転し、青色光をミラー304に反射する。そして、青色光は、反射型のミラー304により、感光ドラム305上に集光される。青色光により感光ドラム305上に情報が出力され、その後、トナーが付着し、紙上に転写される。

【0159】青色光源300の動作は、図17に示すように変調を行う。つまり、活性領域51は、駆動回路70により、はじめ150mA（50mW）で連続的に注入を行い、その後変調動作に移行する。変調時には、ハイレベルを150mA（50mW）、ロウレベルを40mA（0mW）にする。

【0160】活性領域51で発生する熱量差を補償するように、駆動回路70は、白金ヒーター部60への注入電流量を制御する。はじめ電流を注入せず、その後変調動作に移行する。変調時には、活性領域51への変調電流がハイレベルの時には0mA、ロウレベルの時には80mAにする。

【0161】この結果、連続動作時において3mWの青色光出力を得、変調時にはハイレベルで3mW、ロウレベルで0mWとなる。連続発光から20nsのパルスまで、安定に矩形波を実現することができる。ピーク出力の変動率は、1%以下となった。青色光源300の出力が3mWのとき、感光ドラム305上には300μWの光が集光され、集光スポットサイズは30μmとなり、高精細なプリンティングシステムが実現できる。また、外部変調器を設ける必要がないので、レーザプリンタを小型にすることができる。

【0162】なお、実施例1, 2, 4~7説明した青色光源を用いても、パルス幅やパルス周期を変えても、安定な変調波形が得られるので、同様に高精細のプリンティングシステムを実現できる。また、外部変調器を設ける必要がないので、レーザプリンタを小型にすることができる。

【0163】

【発明の効果】本発明によれば、以下のような効果がある。請求項1~3によれば、駆動回路が、半導体レーザの複数の電流または電圧を変調し、出力パワーを変化させると同時に、波長変化を抑えるので、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0164】請求項4によれば、半導体レーザの複数の電流または電圧を変調し、出力パワーを変化させると同時に、波長変化を抑えるので、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0165】請求項5, 6によれば、駆動回路が、活性領域への注入電流を変調すると共に、位相調整領域への注入電流により、半導体レーザの波長変化（位相変化）量を補償するので、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源を簡単にすることができる。

【0166】請求項7, 8によれば、活性領域への注入電流を変調すると共に、位相調整領域への注入電流により、半導体レーザの波長変化（位相変化）量を補償するので、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源を簡単にすることができる。

【0167】請求項9~13によれば、駆動回路は、半導体レーザに与える電流または電圧をパルス変調し、第2高調波光の出力を制御するので、SHG素子の二乗特性を考慮することなく、第2高調波光の出力パワーをパルス変調のデューティ比で線形に制御することができる。このため、外部変調器を設ける必要がなく、光出力を変調できるSHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0168】請求項10, 12, 13によれば、駆動回路が、半導体レーザの複数の電流または電圧を同時にパルス変調するので、基本波光の出力パワーを変化させると同時に、波長変化を抑えることができる。

【0169】請求項14~18によれば、半導体レーザに与える電流または電圧をパルス変調し、第2高調波光の出力を制御するので、SHG素子の二乗特性を考慮することなく、第2高調波光の出力パワーをパルス変調のデューティ比で線形に制御することができる。このため、外部変調器を設ける必要がなく、光出力を変調できるSHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0170】請求項15, 17, 18によれば、半導体レーザの複数の電流または電圧を同時にパルス変調するので、基本波光の出力パワーを変化させると同時に、波長変化を抑えることができる。

【0171】請求項19, 20によれば、駆動回路が、半導体レーザの基本波光を変調すると同時に、ヒーター部への注入電流を変調し、波長変化を抑えるので、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0172】請求項21, 22によれば、半導体レーザの基本波光を変調すると同時に、ヒーター部への注入電流を変調し、波長変化を抑えるので、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0173】請求項23によれば、駆動回路が、半導体レーザの基本波光を変調すると同時に、ヒーター部への注入電流を変調し、SHG素子の位相整合波長を変調させるので、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0174】請求項24によれば、半導体レーザの基本波光を変調すると同時に、ヒーター部への注入電流を変



調し、SHG素子の位相整合波長を変調させるので、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0175】請求項25によれば、駆動回路が、半導体レーザの基本波光を変調すると同時に、電極に与える電圧を変調し、SHG素子の光導波路の電界を変調し、SHG素子の位相整合波長を変調させるので、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0176】請求項26によれば、半導体レーザの基本波光を変調すると同時に、電極に与える電圧を変調し、SHG素子の光導波路の電界を変調し、SHG素子の位相整合波長を変調させるので、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0177】請求項27～29によれば、駆動回路が、活性領域に与える駆動電流を一定にし、DBR駆動電流と位相制御電流とを、所望の一定の変化電流比で変化させることにより、第2高調波光を変調することができる。つまり、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0178】請求項30～32によれば、活性領域に与える駆動電流を一定にし、DBR駆動電流と位相制御電流とを、所望の一定の変化電流比で変化させることにより、第2高調波光を変調することができる。つまり、外部変調器を設ける必要がなく、SHGレーザ光源の構成を簡単にすることができる。

【0179】請求項33、34によれば、外部変調器を設ける必要がないので、装置の小型化、安価に構成することができる。また、高密度記録を実現することができる。

【0180】請求項35、36によれば、外部変調器を設ける必要がないので、装置の小型化、安価に構成することができる。また、高精細なプリンティングシステムを実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示した構成図である。

【図2】DBR半導体レーザ10の具体的構成を示した図である。

【図3】SHG素子20の具体的構成を示した図である。

【図4】DBR半導体レーザ10とSHG素子20との具体的な接続構成を示した図である。

【図5】活性領域11の特性を示した図である。

【図6】位相調整領域12、DBR領域13の特性を示した図である。

【図7】従来のSHGレーザ光源の青色光出力を示した図である。

【図8】第1の実施例の動作を説明する図である。

【図9】DBR半導体レーザ10とSHG素子20と他の具体的な接続構成を示した図である。

【図10】従来のSHGレーザ光源の他の動作を説明する図である。

【図11】第2の実施例の動作を説明する図である。

【図12】SHG素子20の特性を示した図である。

【図13】第3の実施例の動作を説明する図である。

【図14】本発明の第4の実施例を示した構成図である。

【図15】DBR半導体レーザ50の具体的構成を示した図である。

【図16】DBR半導体レーザ50とSHG素子20との具体的な接続構成を示した図である。

【図17】第4の実施例の動作を説明する図である。

【図18】本発明の第5の実施例を示した構成図である。

【図19】SHG素子20の温度依存性を説明する図である。

【図20】本発明の第6の実施例を示した構成図である。

【図21】電極26の具体的構成を示す図である。

【図22】SHG素子20の電界依存性を説明する図である。

【図23】電極26の他の具体的構成を示す図である。

【図24】本発明の第7の実施例を示した構成図である。

【図25】DBR駆動電流、位相制御電流、青色光出力パワーとの関係を示す図である。

【図26】図25の特定範囲の拡大図である。

【図27】青色光出力パワーとDBR駆動電流の関係を示す図である。

【図28】本発明の第8の実施例を示した構成図である。

【図29】第8の実施例の動作を説明する図である。

【図30】本発明の第9の実施例を示した構成図である。

【図31】従来のSHGレーザ光源を示した構成図である。

【図32】SHG素子2の特性を示した図である。

#### 【符号の説明】

10、50 DBR半導体レーザ

11、51 活性領域

12 位相調整領域

13、52 DBR領域

20 SHG素子

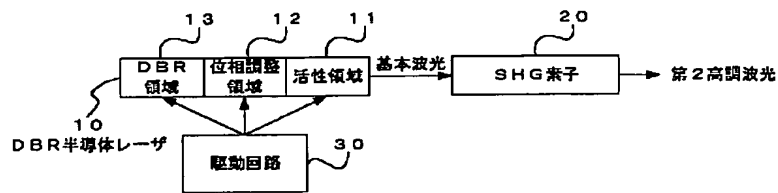
30、31、70、80、90 駆動回路

25、60 ヒーター部

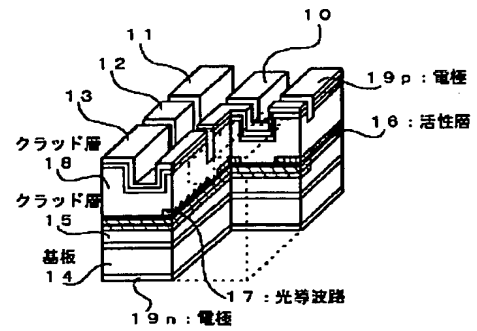
26 電極

200、300 青色光源

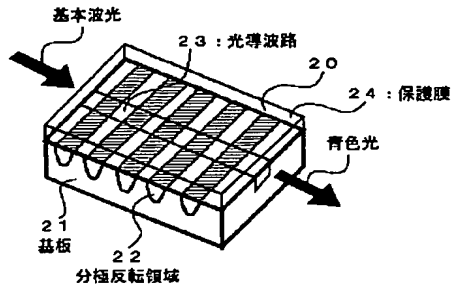
【図1】



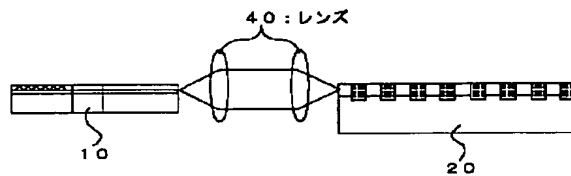
【図2】



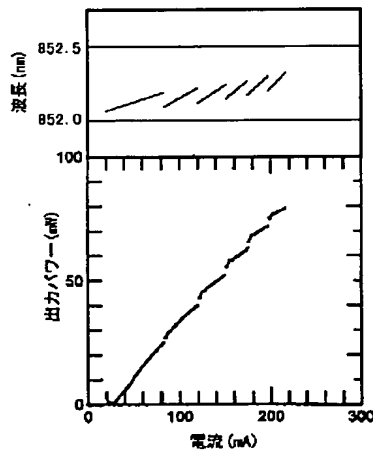
【図3】



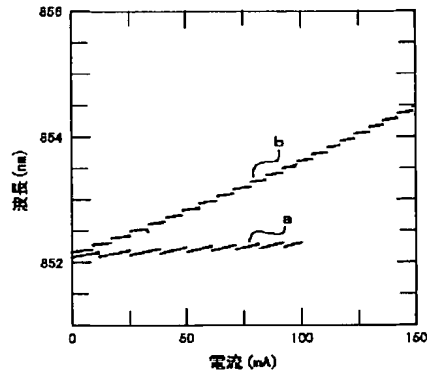
【図4】



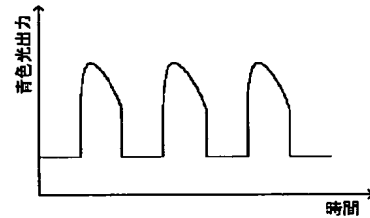
【図5】



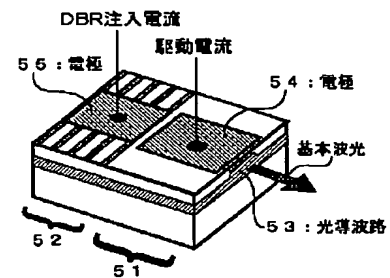
【図6】



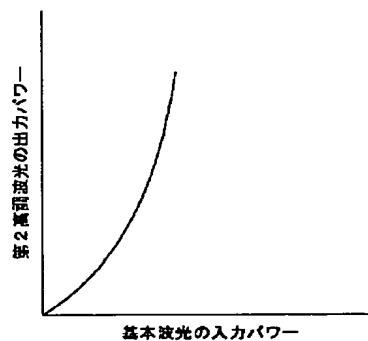
【図7】



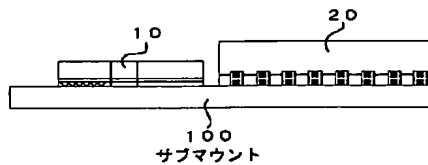
【図15】



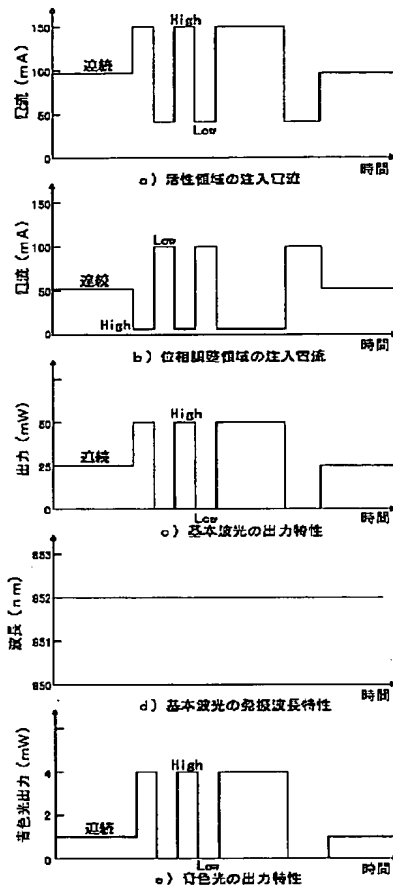
【図12】



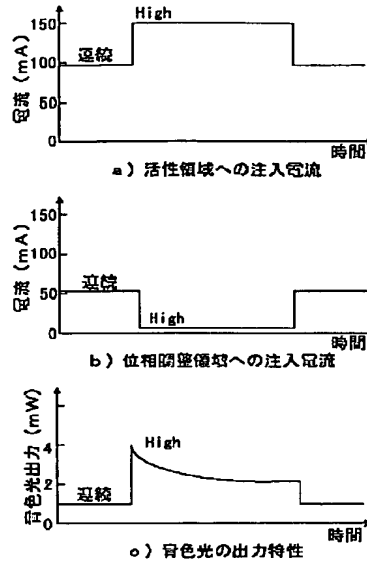
【図9】



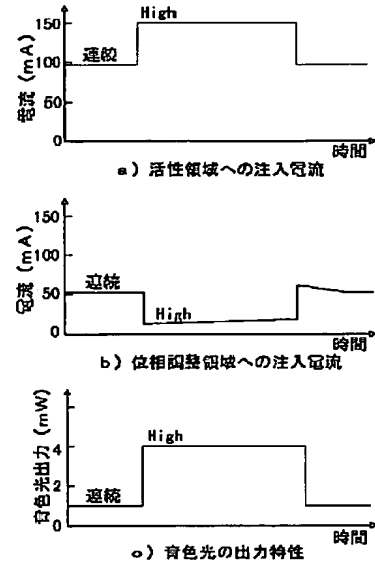
【図8】



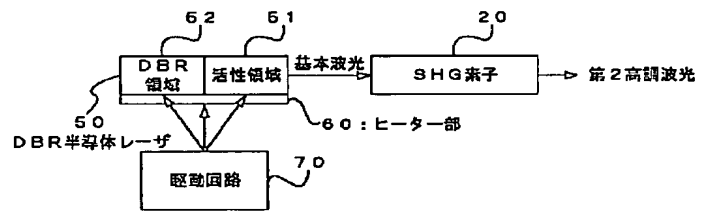
【図10】



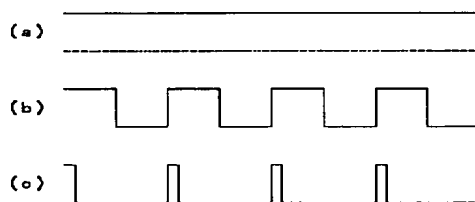
【図11】



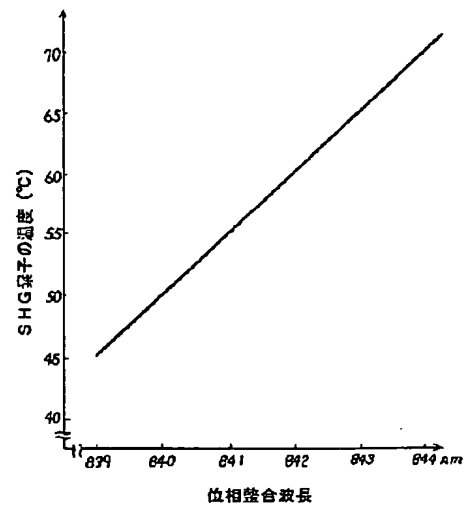
【図14】



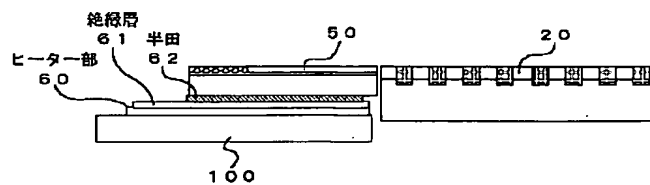
【図13】



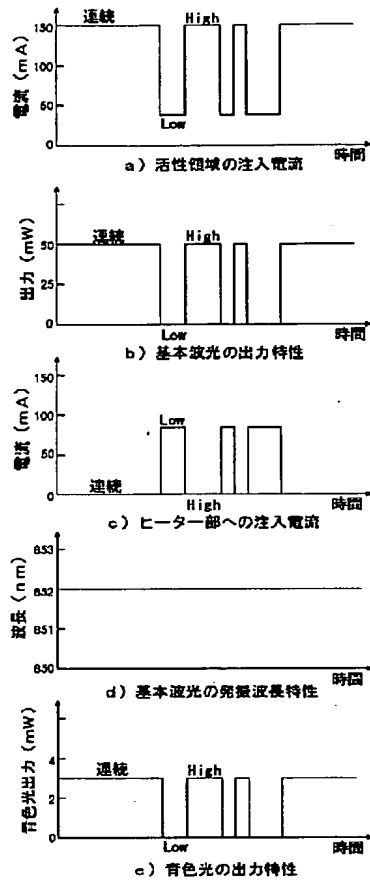
【図19】



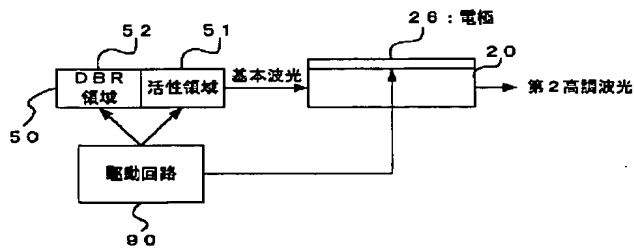
【図16】



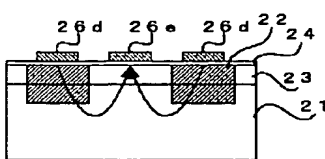
【図17】



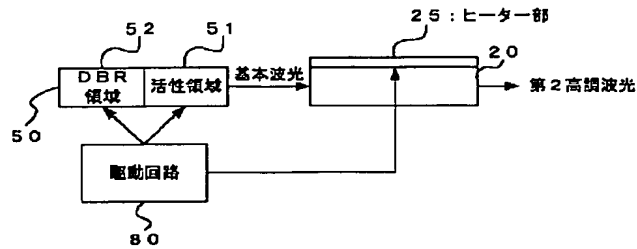
【図20】



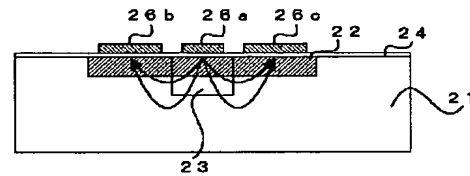
【図23】



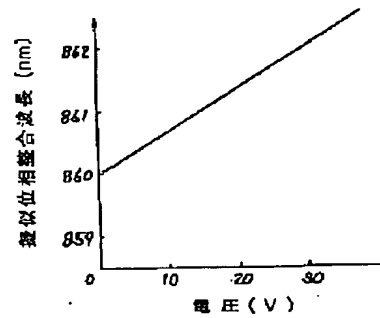
【図18】



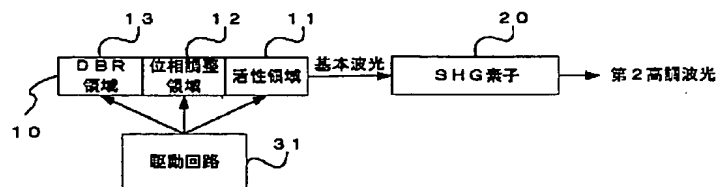
【図21】



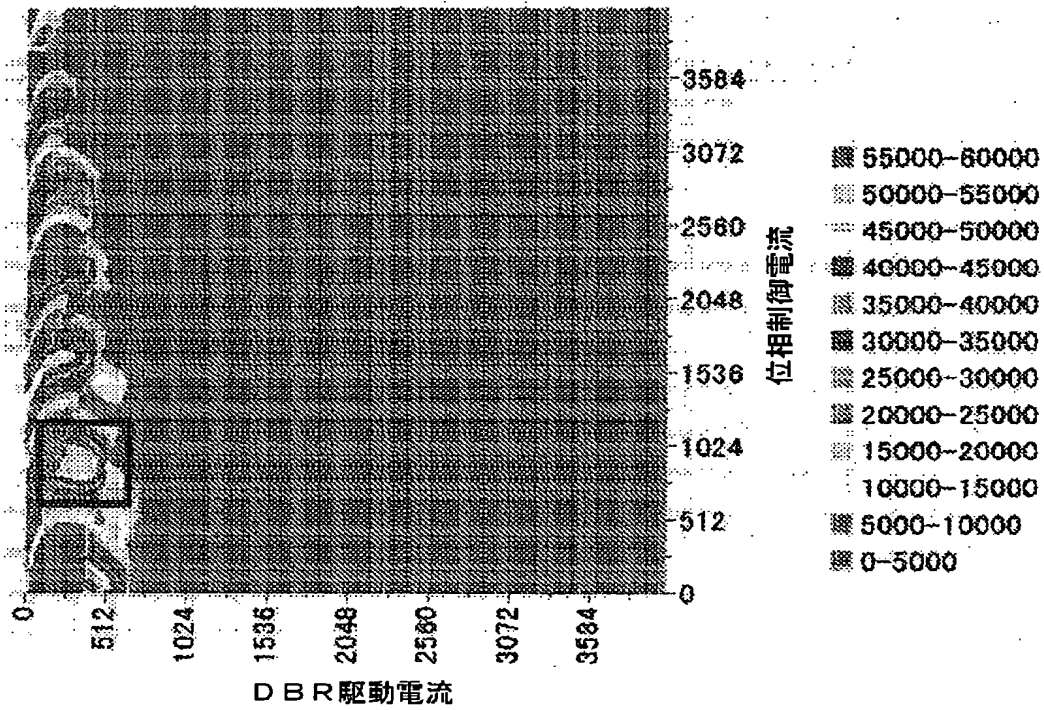
【図22】



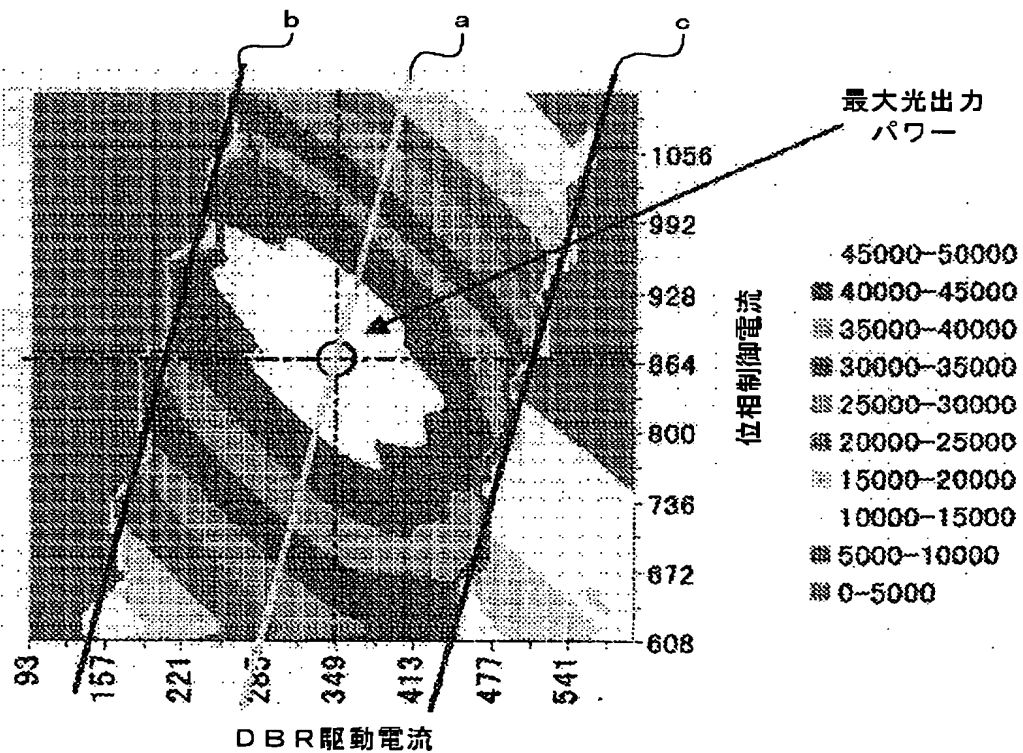
【図24】



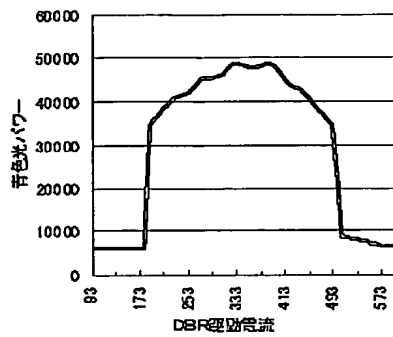
【図25】



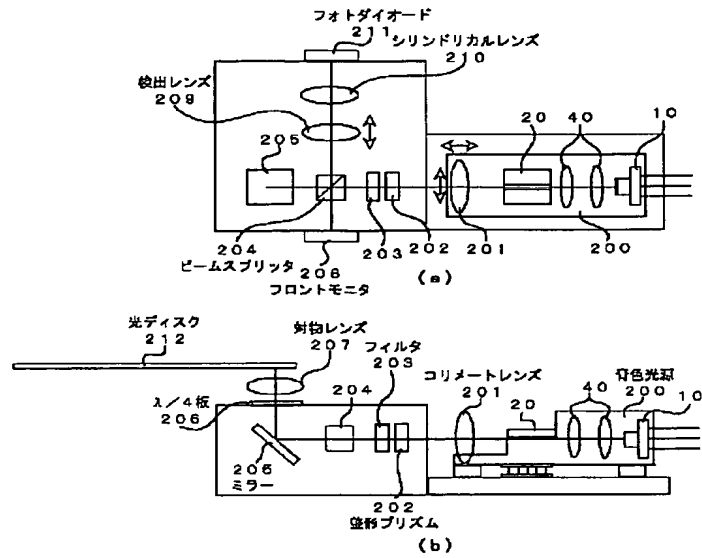
【図26】



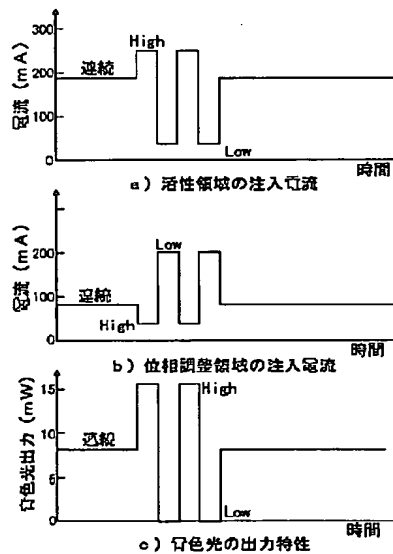
【図27】



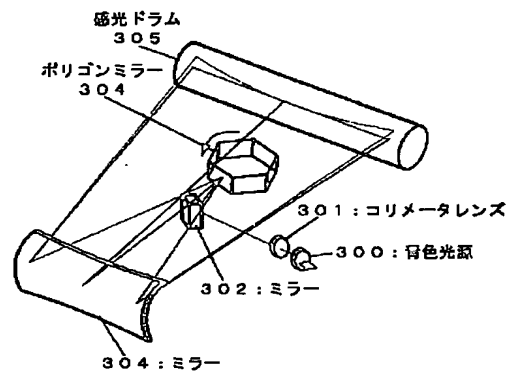
【図28】



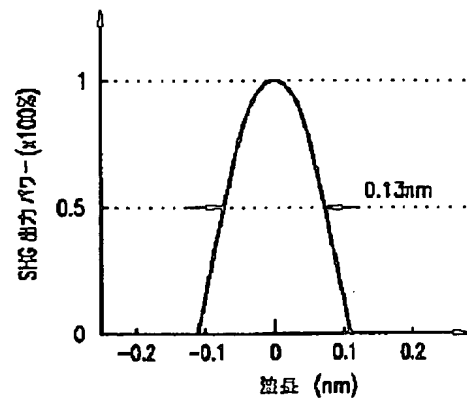
【図29】



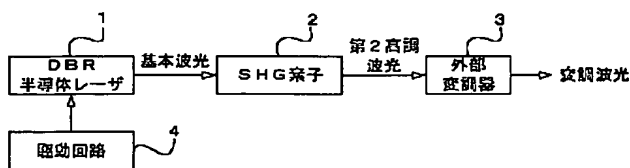
【図30】



【図32】



【図31】



## フロントページの続き

(72) 発明者 井上 武史  
東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 32 号 横河  
電機株式会社内  
(72) 発明者 北岡 康夫  
大阪府門真市大字門真 1006 番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 山本 和久  
大阪府門真市大字門真 1006 番地 松下電器  
産業株式会社内  
F ターム (参考) 2K002 AA05 AA06 AB12 HA20  
5F073 AA13 AA65 AB23 BA07 CA05  
DA05 EA29 FA24 FA30 GA21  
GA24 GA38